

Original document

SEMICONDUCTOR DEVICE

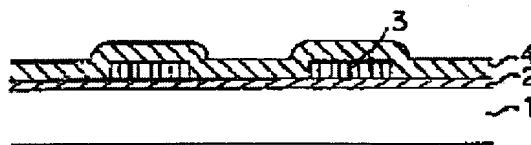
Patent number: JP6291114
Publication date: 1994-10-18
Inventor: FUSE AKIHIRO
Applicant: RICOH KK; RICOH GEN ELECTRON RES INST
Classification:
- international: **H01L21/314; H01L21/316; H01L21/318; H01L23/29; H01L23/31; H01L21/02; H01L23/28;** (IPC1-7): H01L21/318; H01L21/314; H01L21/316; H01L23/29; H01L23/31
- european:
Application number: JP19930097176 19930331
Priority number(s): JP19930097176 19930331

[View INPADOC patent family](#)

[Report a data error here](#)

Abstract of JP6291114

PURPOSE:To obtain a single layer of passivation film excellent in moisture resistance and stress is relaxed on the substrate side through simple process by a method wherein the hydrogen contained in a silicon nitride film exists in the form of N-H bond or Si-H bond and the ratio of the quantity of hydrogen in the form of N-H bond and in the form of Si-H bond is varied. **CONSTITUTION:**An insulation film 2 is formed on a semiconductor substrate 1 and a metallization 3 is formed thereon at selected parts thereof. Furthermore, a silicon nitride film 4 is formed on the metallization 3 and the insulation film 2 not covered with the metallization 3 by ECR-CVD such that the oxygen contained in the silicon nitride film 4 exists in the form of N-H bond or Si-H bond and the ratio of the amount of hydrogen existing in the form of N-H bond and Si-H bond is lower on the surface side of the silicon nitride film 4 than on the substrate 1 side. This constitution relaxes stress of the silicon nitride film 4 on the substrate 1 side and prevents acquisition of hydrogen on the surface side thus realizing a single layer passivation film having good characteristics.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-291114

(43) 公開日 平成6年(1994)10月18日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/318	M	7352-4M		
21/314	M	7352-4M		
21/316	X	7352-4M		
23/29				
		8617-4M	H 0 1 L 23/ 30	D
審査請求 未請求 請求項の数6 F D (全 9 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平5-97176

(22) 出願日 平成5年(1993)3月31日

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(71) 出願人 000115706

リコー応用電子研究所株式会社

宮城県名取市高館熊野堂字余方上5番地の10

(72) 発明者 布施 晃広

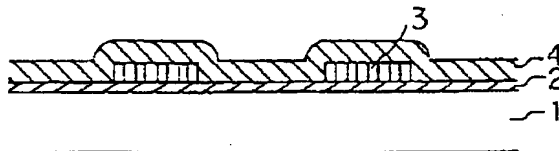
宮城県名取市高館熊野堂字余方上5番地の10
リコー応用電子研究所株式会社内

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【要約】

【目的】 製造工程が少ない単層で、水素含有量が少なく、かつ、応力が小さく耐湿性に優れたパッシベーション膜を実現する。

【構成】 シリコン窒化膜4中に含まれる水素がN-H結合状態およびSi-H結合状態で存在し、N-H結合状態の水素量とSi-H結合状態の水素量の比である(N-H)/(Si-H)の値をシリコン窒化膜の表面側で基板側より小さくした。これによりシリコン窒化膜は、基板側で応力が緩和され、表面側で水素の取り込みを防止でき、単層で特性の良いパッシベーション膜を得ることができる。また、シリコン窒化膜はECR-CVD法で形成しているため、膜質劣化の原因となる水素の含有量を少なくすることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】金属配線層上にシリコン窒化膜を有する半導体装置において、前記シリコン窒化膜における膜中含有水素がN-H結合状態およびSi-H結合状態で存在し、前記N-H結合状態の水素量と前記Si-H結合状態の水素量との比である $(N-H)/(Si-H)$ の値が前記シリコン窒化膜の表面側で基板側より小さいことを特徴とする半導体装置。

【請求項2】前記 $(N-H)/(Si-H)$ の比の値が基板側から表面側にかけて連続的または段階的に減少していることを特徴とする請求項第1項記載の半導体装置。

【請求項3】前記シリコン窒化膜はECR-CVD法により形成したことを特徴とする請求項第1項、または第2項に記載の半導体装置。

【請求項4】前記シリコン窒化膜はパッシベーション膜であることを特徴とする請求項第1項、第2項または第3項に記載の半導体装置。

【請求項5】前記シリコン窒化膜における膜中含有水素量の総数が 3×10^{22} 個/cm³以下であることを特徴とする請求項第1項、第2項、第3項、または第4項に記載の半導体装置。

【請求項6】前記シリコン窒化膜における結合状態による水素含有量の比 $(N-H)/(Si-H)$ の値が基板側で4以上であり、表面側で2以下であることを特徴とする請求項第1項、第2項、第3項または第4項に記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体装置に関するものであり、特に、半導体装置を保護するパッシベーション膜に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体装置における表面保護膜の形成、すなわちパッシベーション技術は、半導体装置に悪影響を及ぼす、たとえば水分やアルカリイオンなどの種々の外乱から半導体装置を保護するものであり、装置の信頼性を左右する非常に重要な技術である。

【0003】これまでパッシベーション膜としては様々なものが検討されてきた。中でもプラズマ化学的気相成長法（プラズマCVD法）によるシリコン窒化膜が、耐湿性が比較的良好ことやアルカリイオンのブロッキング特性に優れていることから注目されている。しかしながら一般にプラズマCVD法によるシリコン窒化膜は、 5×10^9 dyn/cm²という大きな圧縮応力を有することから、このようなシリコン窒化膜を半導体基板上に形成すると、シリコン窒化膜にクラックが発生したり、半導体基板に反りが生じたり、さらには金属配線のストレスマイグレーションによる断線の原因にもなっていた。また、プラズマCVD法によるシリコン窒化膜は、その

成膜原料ガスとしてSiH₄、NH₃等を用いることに加えて、プラズマ密度の小さいRF放電プラズマを用いていることから、生成された膜中に多量の水素を含むことは避けられず、耐湿性が十分に優れているとはいえず、半導体素子の特性を劣化させ、その信頼性を低下させる原因となっていた。

【0004】そこで、たとえば特開平2-168621号公報に示されるように、気相成長リンガラス膜（CVD-PSG膜）を下層とし、その上層にシリコン窒化膜を形成した2層構造のパッシベーション膜が用いられることが多い。このような2層構造のパッシベーション膜においては、その特性として引張り応力を有するPSG膜と、圧縮応力を有するSiN膜を積層構造とすることにより、両者の応力を相殺してクラックの発生等を防止しようとするものである。

【発明が解決しようとする課題】

【0005】しかしながら、上記の従来の技術に記載のパッシベーション膜では、シリコン窒化膜の形成は依然としてプラズマCVD法により行なっているため、上述したように耐湿性は十分に優れているとはいえないものである。さらに、上記の従来の技術に記載のパッシベーション膜では、気相成長リンガラス膜とシリコン窒化膜の2層構造としているために、気相成長リンガラス膜成膜用の装置とシリコン窒化膜成膜用の装置の2つを使用しなければならず、製造工程も複雑化してしまい、そのために完成した半導体装置の特性や信頼性の低下を招くという問題があった。本発明は、上記の問題点を解決するためになされたものであり、製造工程が少ない単層で、水素含有量が少なく、かつ、応力が小さく耐湿性に優れたパッシベーション膜を備えることにより、特性及び信頼性の非常に優れた半導体装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、金属配線層上にシリコン窒化膜を有する半導体装置において、前記シリコン窒化膜における膜中含有水素がN-H結合状態およびSi-H結合状態で存在し、前記N-H結合状態の水素量と前記Si-H結合状態の水素量との比である $(N-H)/(Si-H)$ の値が前記シリコン窒化膜の表面側で基板側より小さいことを特徴とするものである。また本発明は、前記半導体装置において、前記シリコン窒化膜はECR-CVD法により形成したことを特徴とするものである。

【0007】

【作用】この発明によれば、応力が小さく耐湿性に優れたパッシベーション膜を、製造工程が少ない単層で、かつ水素含有量が少なくなるように得ることができるので、特性及び信頼性の非常に優れた半導体装置を得ることができる。

【0008】

3

【実施例】図1に本発明の基本的な構成を表す半導体装置の断面図を示す。1は半導体基板、2は絶縁膜、3はたとえばアルミニウムなどで形成される金属配線層、4はシリコン窒化膜である。これは、パッシベーション膜としてのシリコン窒化膜4が金属配線層3上に形成されている様子を示している。シリコン窒化膜は、その成膜条件によって膜特性が大きく変化する。その様子を、CVD法によって作成されたシリコン窒化膜を例にとり、詳細に説明する。

【0009】図2は成膜原料ガスとして SiH_4 と N_2 を用いて、通常行なわれているRF放電プラズマによるプラズマCVD法に代えて、電子サイクロトロン共鳴CVD法（ECR-CVD法）により形成したシリコン窒化膜の赤外吸収スペクトルであり、横軸を波数、縦軸を透過率として示してある。なお、透過率の単位は任意単位として示してある。ECR-CVD法は以下の原理によって達成される成膜方法である。

【0010】一般に静電場中を運動する電子はローレンツ力を受け、回転運動を行なう。この運動の周波数と、印加するマイクロ波の周波数、たとえば2.45GHzとを一致させたとき共鳴吸収が起こり、マイクロ波エネルギーが電子の運動に効率よく吸収される。これが電子サイクロトロン共鳴現象（ECR現象）であり、その条件は次のように表すことができる。

$$w = w_0$$

$$w_0 = eB/m$$

w ：マイクロ波の角周波数

w_0 ：電子サイクロトロン角周波数

e ：電子の電荷量

B ：共鳴条件の磁束密度

m ：電子の質量

以上の条件からマイクロ波の周波数が2.45GHzの場合、共鳴条件の磁束密度は875ガウスとなる。ECRプラズマ中で回転運動する成膜原料ガスの共鳴電子は反磁性的効果を示し、発散磁界と相互作用しながら、その磁力線に沿って加速される。プラズマが準中性であるために、成膜原料ガスの電子およびイオンは磁界中で等しい加速度を持ち、電子と共にイオンも磁界の外に加速されて、膜を成長させるべく半導体基板にプラズマ流として入射し、基板表面に対してプラズマ処理が行なわれる。このようにして通常のプラズマCVD法と比較し、効率良く成膜を行なうことができる。

【0011】図2には $\text{SiH}_4 / (\text{SiH}_4 + \text{N}_2)$ の流量比の値を0.15、0.20、0.25、0.33とし、他は同一の条件で成膜したシリコン窒化膜の赤外吸収スペクトルを示している。シリコン窒化膜中に取り込まれた水素は、N-H結合またはSi-H結合の状態が存在し、図2においてそれぞれ3350 cm^{-1} 付近および2160 cm^{-1} 付近に吸収のピークが現われている。この結果から SiH_4 の各流量比によって、それぞれの

4

結合状態に起因するピークの大きさが変化する様子が現われる。N-H結合およびSi-H結合のピーク面積をもとに、N-H結合状態の水素およびSi-H結合状態の水素の量はそれぞれ以下の式で求められることが知られている。ここで、水素の量とは水素の原子数である。

(W. A. Lanford et al.: J. Appl. Phys. Vol. 49, No. 4, April 1978参照)

$$(\text{N-Hピーク面積}) \times 1.4 \times 1.36 \times 10^{17} \quad (\text{個}/\text{cm}^2)$$

$$(\text{Si-Hピーク面積}) \times 1.36 \times 10^{17} \quad (\text{個}/\text{cm}^2)$$

上記の式にしたがってN-Hピーク面積、Si-Hピーク面積から得られた水素の量の値をシリコン窒化膜の膜厚で割って、それぞれの結合状態の水素含有量を（個/ cm^3 ）として求めたものが図3である。図3においては、他の成膜条件を同一とした場合の $\text{SiH}_4 / (\text{SiH}_4 + \text{N}_2)$ の流量比の値を横軸として、 SiH_4 の流量比を変化させたときのシリコン窒化膜中におけるN-H結合状態およびSi-H結合状態の水素量の値を縦軸にとってある。また、Totalとして示してあるのは、N-H結合状態の水素量とSi-H結合状態の水素量との総和である。この結果から、 SiH_4 の流量比とN-H結合状態の水素量およびSi-H結合状態の水素量との間には相関関係があり、 SiH_4 の流量比を増加させるとN-H結合状態の水素量は減少し、逆にSi-H結合状態の水素量は増加することがわかった。さらに、N-H結合状態の水素量とSi-H結合状態の水素量との総和は減少することがわかった。また、 $\text{SiH}_4 / (\text{SiH}_4 + \text{N}_2)$ の流量比の値に対する、N-H結合状態の水素量とSi-H結合状態の水素量の比である（N-H）／（Si-H）の値も併せて示してあるが、 SiH_4 の流量比の増加にしたがって（N-H）／（Si-H）の値は急激に減少して1以下の値に飽和する傾向にあることもわかった。

【0012】図4にはシリコン窒化膜成膜条件のうち、他の成膜条件を同一とし、成膜原料ガスに与える放電エネルギーとしてのマイクロ波電力のみを変化させた場合のシリコン窒化膜中におけるN-H結合状態の水素量とSi-H結合状態の水素量、N-H結合状態の水素量とSi-H結合状態の水素量の総和、および（N-H）／（Si-H）比を示しており、横軸としてマイクロ波電力、縦軸として水素含有量または（N-H）／（Si-H）比を示してある。この場合にも SiH_4 の流量比を変化させた場合ほど顕著ではないが、やはり（N-H）／（Si-H）比の値が変化する様子が現われる。

【0013】次にシリコン窒化膜の応力と耐湿性について評価した結果を述べ、（N-H）／（Si-H）比と応力および耐湿性との関係を説明する。

【0014】まず、応力の測定法について以下に説明す

る。一般に半導体基板上に形成された薄膜の応力 σf は次の式で与えられる。

$$\sigma f = [E_s (t_s)^2 / \{6 (1 - r_s) t f\}] (1/R - 1/R_0)$$

ここで、 E_s : 基板のヤング率、

r_s : 基板のポアッソン比、

である。結晶方位 (100) の単結晶シリコン基板の場合、

$$E_s / (1 - r_s) = 1.805 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

である。したがって、上式は、

$$\sigma f = \{ (t_s)^2 / (6 t f) \} (1/R - 1/R_0)$$

と変形できる。ただしここで、

t_s : 基板の厚さ

$t f$: 薄膜の膜厚

R : 成膜後の基板の曲率半径

R_0 : 成膜前の基板の曲率半径

である。このときの基板の曲率半径を求める方法としては、機械的手法により求める方法や光学的手法により求める方法等が考えられるが、本発明においてはレーザー光を基板面に照射し、その反射光の変位量から求めると

いう方法を採用している。
【0015】次に耐湿性の評価について説明する。耐湿性の評価にはプレッシャークッカーテストを用いている。プレッシャークッカーテストは、プレッシャークッカー試験機の温度、湿度、圧力等を通常半導体装置が使用される条件よりも過酷な条件に設定し、所定時間経過後の膜特性を調べようとするものである。すなわち、この試験を行なうことにより、短時間で通常数年間にわたって半導体装置が使用されたと同様の状況を作ることができる。プレッシャークッカーテスト後にはフーリエ変換機能付き赤外吸収スペクトル測定器 (FT-IR) により、 $P=O$ (リンと酸素の二重結合) のピークの変化を調べる。これはシリコン窒化膜の下層となる PSG 膜は、水分と反応すると PSG 膜が本来持っている $P=O$ の二重結合が切れて、 $P-O-H$ という結合状態に変化する現象に注目しているものである。すなわち、プレッシャークッカーテストによって長時間高湿度という条件下にさらした後においても $P=O$ 二重結合のピークが残っているものほど水分との反応が少なかったもの、つまり、水分の侵入が少なかったものと判断でき、耐湿性に優れていると考えることができる。

【0016】上記の方法による耐湿性の具体的な評価の過程を説明する。評価に用いた試料は、4インチシリコンウェハ上に減圧 CVD 法により PSG 膜を以下の成膜条件で約 8,000 Å 成膜したものを基板として用いた。

PSG 成膜条件

ガス種 : SiH_4 20 SCCM

10% PH_3 / 90% SiH_4 80 SCCM

..... 200 SCCM

O_2

圧力 : 0.2 Torr

温度 : 430°C

時間 : 42 min.

上記の条件で基板上に ECR-CVD 法により種々の条件でシリコン窒化膜を約 1,000 Å 成膜したもので耐湿性の評価を行った。シリコン窒化膜を成膜した 4 インチシリコンウェハは 4 分割し、その内 1 枚を初期値 (0 時間) 評価用とし、他の 3 枚をプレッシャークッカー試験機に導入してそれぞれ 50 時間、100 時間、200 時間経過後の試料とした。なお、プレッシャークッカーテストの条件として、温度 121°C、湿度 100% RH、圧力 2 気圧とした。図 5 はプレッシャークッカーテスト後の FT-IR による流量比 $SiH_4 / (SiH_4 + N_2) = 0.15$ で成膜したシリコン窒化膜の赤外吸収スペクトルであり、横軸を波数、縦軸を吸光率として示してある。なお、吸光率の単位は任意単位として示してある。図 5 においては、1330 cm^{-1} 付近に現われる $P=O$ の二重結合を示すピークが、プレッシャークッカーテストのテスト時間によって変化する様子が示されている。図を見ると、プレッシャークッカーテスト 0 時間のときには現われていた $P=O$ の二重結合を示すピークが、プレッシャークッカーテスト時間を長くするにしたがってなくなるように変化しているのがわかる。これは上述したように、 $P=O$ の二重結合が $P-O-H$ という結合に変化すること、すなわちシリコン窒化膜中に水素が取り込まれていくことを示している。このことをさらに詳細に解析したもの、すなわち、プレッシャークッカーテスト時間と $P=O$ ピーク面積残存率の関係を示したものが図 6 である。図 6 においては、 $P=O$ の二重結合のピーク面積を、初期値 (プレッシャークッカーテスト 0 時間) を 100% として規格化したことにより、異なる成膜条件でのシリコン窒化膜の耐湿性を比較することができる。

【0017】図 7 には、図 3 乃至図 6 を用いて説明した方法によって算出または測定した $(N-H) / (Si-H)$ 比に対するシリコン窒化膜の応力と耐湿性の関係を示した。用いた試料は、成膜条件として原料ガス圧を 1×10^{-3} Torr、マイクロ波電力を 700 W、基板温度を 100°C として、原料ガスである SiH_4 と N_2 の流量比を変化させて得、プレッシャークッカーテストを 100 時間行なった後のものである。図 7 において応力はその値の絶対値が大きくなるほど大きくなり、マイナスの符号は圧縮応力であることを示している。また、耐湿性については任意単位であり、大きくなるほど耐湿性が高いことを示している。その結果、 $(N-H) / (Si-H)$ 比の値が比較的大きい範囲では耐湿性は若干劣るが低応力の膜となり、逆に $(N-H) / (Si-H)$ 比の値が比較的小さい範囲では応力はやや大きくなっているものの耐湿性に優れた膜が形成されることがわかっ

た。

【0018】本発明は、シリコン窒化膜に関する上述したような種々の実験によって得た知見に基づいてなされたものである。すなわち、上述したような実験を繰り返すことにより、N-H結合状態の水素量とSi-H結合状態の水素量との比である(N-H)/(Si-H)の値を変化させることにより異なる応力と耐湿性を有するシリコン窒化膜が得られることを知り、さらに、パッシベーション膜は応力が小さく耐湿性に優れていることが要求されるが、その性質上全領域にわたりこの条件を満たす必要はなく、基板側では応力が小さければ足り、表面側では耐湿性に優れていれば足りることを知り、これを発明するに至ったのである。以下実施例に基づき、本発明を詳細に説明する。

【0019】まず図1に示したように半導体基板上に絶縁膜を形成し、さらに絶縁膜上の選択された部分に金属配線層を形成する。さらに、上記金属配線層上および金属配線層に覆われていない絶縁膜上に、ECR-CVD法により以下の条件でシリコン窒化膜を形成する。金属配線層までの形成方法およびシリコン窒化膜の形成方法は、従来の半導体装置製造プロセスと同様にして形成できる。

成膜圧力 : 1×10^{-3} Torr

マイクロ波電力 : 700W

基板温度 : 100℃

ガス種 : SiH₄, N₂

ガス流量 : 成膜開始時; SiH₄ 15 SCCM, N₂ 75 SCCM,

成膜終了時; SiH₄ 33 SCCM, N₂ 67 SCCM,

ここで、ガス流量は成膜開始時、成膜終了時それぞれ上記のとおりとし、SiH₄流量は成膜開始時から成膜終了時まで連続的に増加するように、また、N₂流量は成膜開始時から成膜終了時まで連続的に減少するようにマスフローコントローラによって制御する。この様子を図8に示した。上記の条件で実際に成膜を行ったところ、得られたシリコン窒化膜の膜厚は約1μmであった。

【0020】本実施例によって得られたシリコン窒化膜の膜厚方向における(N-H)/(Si-H)比を図9に示した。図9を見ればわかるように、シリコン窒化膜は基板側(下地側)では(N-H)/(Si-H)比の値は大きく、表面側に行くにしたがって小さくなっている。この結果、図5を参照すれば明かなように、基板側では耐湿性では劣るが低応力であり、表面側では応力は中程度であるが耐湿性に優れたシリコン窒化膜が得られる。SiH₄流量とN₂流量を成膜開始時から成膜終了時まで連続的に変化させているので、シリコン窒化膜に含まれるN-H結合状態の水素量およびSi-H結合状態の水素量は膜厚方向に連続的に分布し、シリコン窒化膜全体としては基板との界面で応力が緩和され、かつ、

表面では高い耐湿性を有するパッシベーション膜として充分な膜を得ることができる。

【0021】上述した実施例においては、SiH₄流量およびN₂流量は成膜開始時から成膜終了時まで連続的に増加または減少するように制御したが、段階的に増加または減少するように制御することもできる。図10にSiH₄流量を成膜開始時から成膜終了時まで段階的に増加するように、また、N₂流量を成膜開始時から成膜終了時まで段階的に減少するようにマスフローコントローラによって制御した場合のシリコン窒化膜成膜時間とSiH₄およびN₂ガス流量との関係を示す。他の条件は上述した実施例と同一である。この場合には図11に示すように、シリコン窒化膜の(N-H)/(Si-H)比の値は基板側(下地側)では大きく、表面側に行くにしたがって段階的に小さくなっている。この場合においても上述した実施例と同様の効果を得ることができる。

【0022】上述した2つの実施例と同様にして、成膜期間中SiH₄流量を連続的に増加させ、N₂流量を段階的に減少させることも可能であり、逆に、SiH₄流量を段階的に増加させ、N₂流量を連続的に減少させることも可能である。さらに、成膜期間中SiH₄流量を一定としてN₂流量のみを連続的または段階的に減少させる、あるいはN₂流量を一定としてSiH₄流量のみを連続的または段階的に増加させてもよい。さらに、成膜期間中SiH₄流量およびN₂流量を共に連続的または段階的に増加させても、SiH₄流量およびN₂流量を共に連続的または段階的に減少させても、成膜後の(N-H)/(Si-H)比の値が基板側から表面側にかけて連続的または段階的に減少するよう諸条件を設定しさえすれば、本発明を達成することができる。要は、成膜後の(N-H)/(Si-H)比の値が基板側から表面側にかけて連続的または段階的に減少するようにすればよいのである。

【発明の効果】以上のように本発明においては、金属配線層上にシリコン窒化膜を有する半導体装置において、前記シリコン窒化膜における膜中含有水素がN-H結合状態およびSi-H結合状態で存在し、前記N-H結合状態の水素量と前記Si-H結合状態の水素量との比である(N-H)/(Si-H)の値を前記シリコン窒化膜の表面側で基板側より小さくしているため、応力が小さく耐湿性に優れたパッシベーション膜を、製造工程が簡単な単層で得ることができる。また本発明においては、前記半導体装置において、前記シリコン窒化膜はECR-CVD法により形成しているため、パッシベーション膜を水素含有量が少なくなるように得ることができるので、特性及び信頼性の非常に優れた半導体装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本的な構成を表す半導体装置の断面図である。

9

【図2】成膜原料ガスとして SiH_4 と N_2 を用いてECR-CVD法により形成したシリコン窒化膜の赤外吸収スペクトルである。

【図3】 $\text{SiH}_4 / (\text{SiH}_4 + \text{N}_2)$ の流量比と、シリコン窒化膜中におけるN-H結合状態の水素量とSi-H結合状態の水素量、N-H結合状態とSi-H結合状態の水素量の総和、および $(\text{N-H}) / (\text{Si-H})$ 比の値の関係を示すグラフである。

【図4】成膜原料ガスに与える放電エネルギーとしてのマイクロ波電力に対するシリコン窒化膜中におけるN-H結合状態の水素量とSi-H結合状態の水素量、N-H結合状態とSi-H結合状態の水素量の総和、および $(\text{N-H}) / (\text{Si-H})$ 比の値の関係を示すグラフである。

【図5】プレッシャークッカーテストを行なった後のFT-IR測定器による P=O の二重結合のピークを示したものである。

【図6】プレッシャークッカーテスト時間と P=O ピーク面積残存率の関係を示すグラフである。

10

【図7】 $(\text{N-H}) / (\text{Si-H})$ 比に対するシリコン窒化膜の応力および耐湿性の関係を示すグラフである。

【図8】実施例におけるシリコン窒化膜の成膜時間に対する SiH_4 流量および N_2 流量の関係を示すグラフである。

【図9】実施例によって得られたシリコン窒化膜の膜厚方向における $(\text{N-H}) / (\text{Si-H})$ の比の値を示すグラフである。

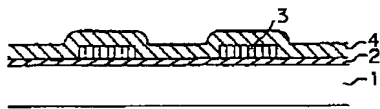
【図10】他の実施例におけるシリコン窒化膜の成膜時間に対する SiH_4 流量および N_2 流量の関係を示すグラフである。

【図11】他の実施例によって得られたシリコン窒化膜の膜厚方向における $(\text{N-H}) / (\text{Si-H})$ の比の値を示すグラフである。

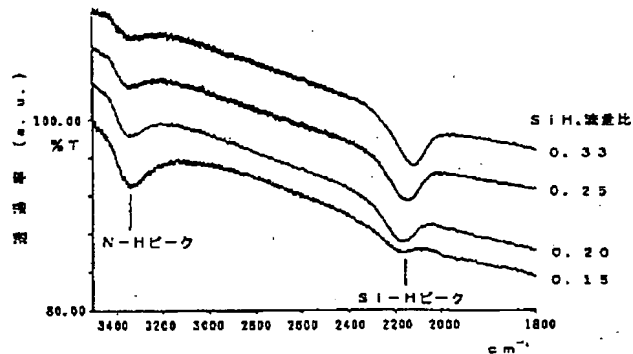
【符号の説明】

- 1 半導体基板
- 2 絶縁膜
- 3 金属配線層
- 4 シリコン窒化膜

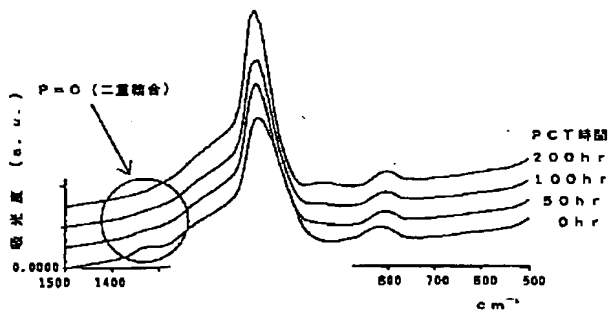
【図1】



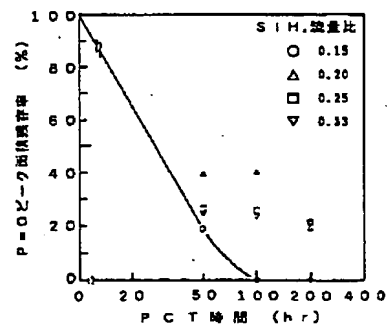
【図2】



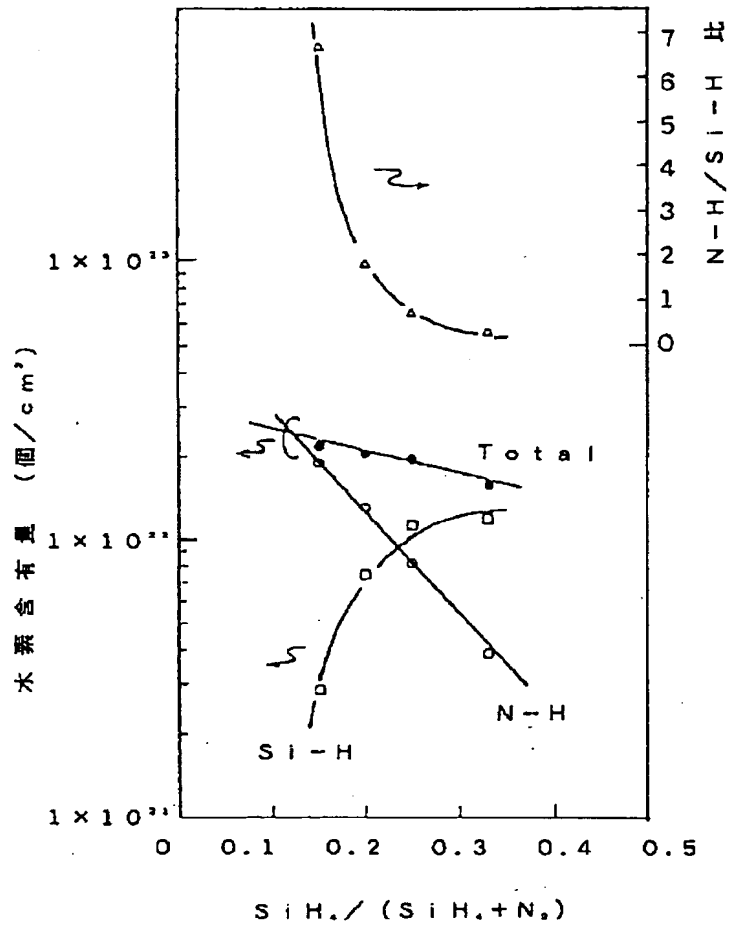
【図5】



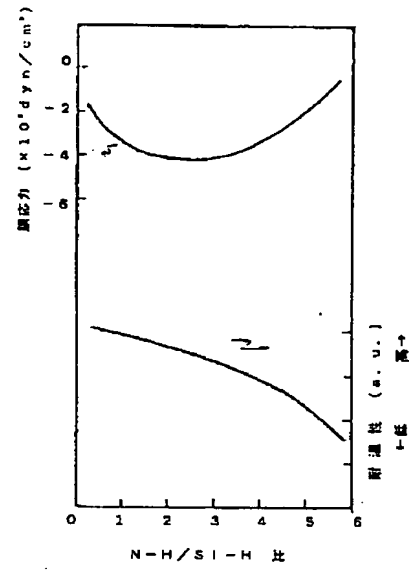
【図6】



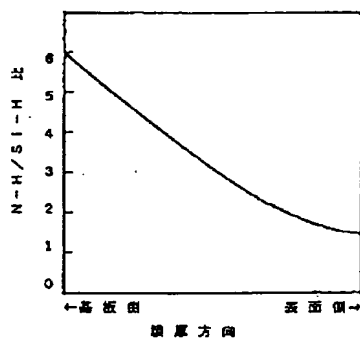
【図3】



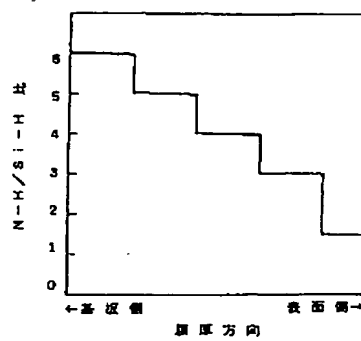
【図7】



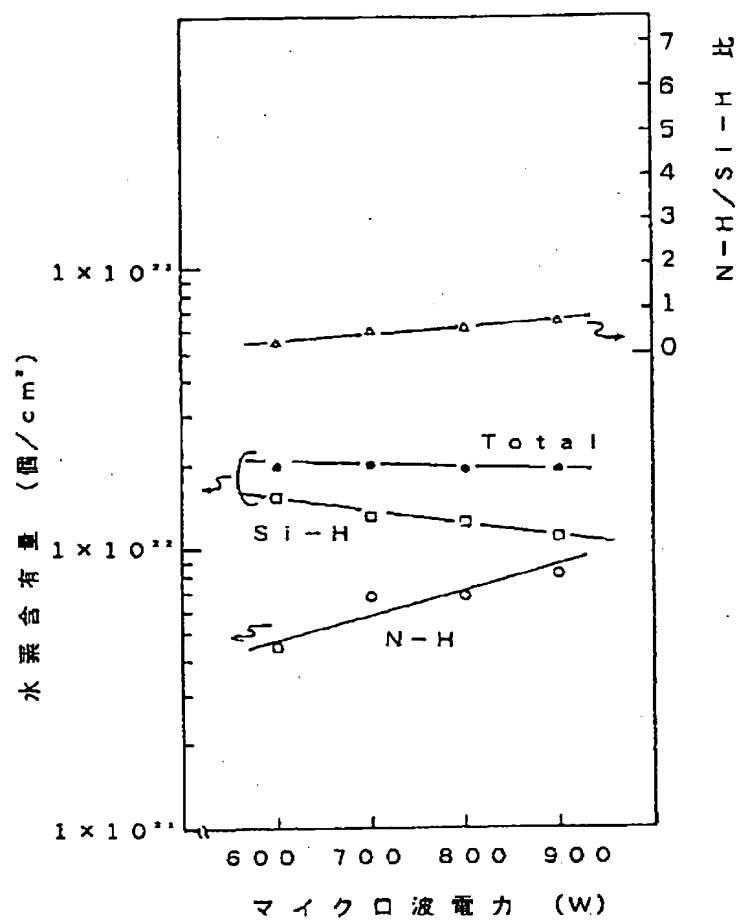
【図9】



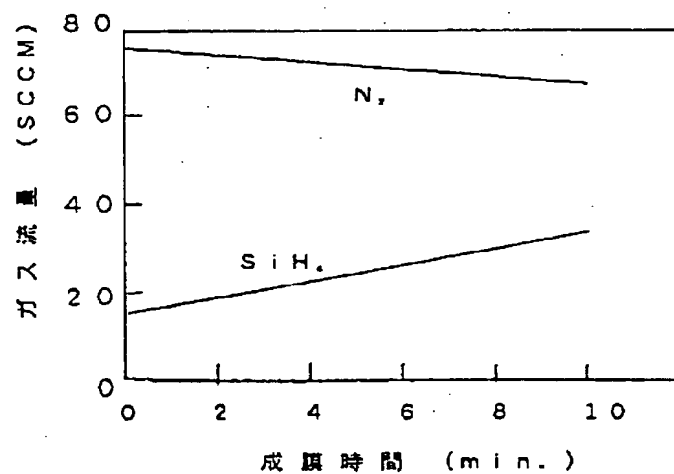
【図11】



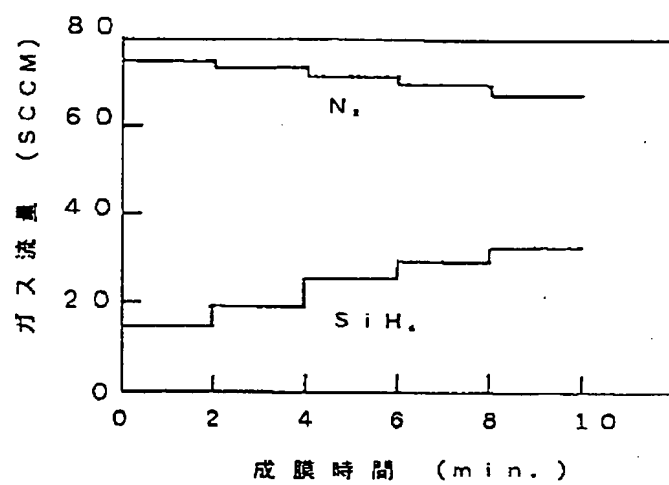
【図4】



【図8】



【図10】



フロントページの続き(51) Int. Cl. ⁵

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 23/31